

POWERED BY **Dialog****SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE, MANUFACTURE THEREOF AND MOUNTING MEMBER****Publication Number:** 11-220218 (JP 11220218 A) , August 10, 1999**Inventors:**

- ITO SHIGETOSHI
- MORISHITA YUKIKO

**Applicants**

- SHARP CORP

**Application Number:** 10-315759 (JP 98315759) , November 06, 1998**Priority:**

- 09305485 [JP 979305485], JP (Japan), November 07, 1997

**International Class:**

- H01S-003/18
- H01L-033/00

**Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress deviation in alignment by fixing the first electrode and the second electrode to an alignment member at the different timing. SOLUTION: A positive electrode 203 and first solder 104 and a positive-side electrode pattern 102, a negative electrode 204 and a second solder 105 and a negative-side metal pattern 103 are made to agree respectively. Then, a load is applied on a semiconductor chip 200, the state is held for the specified time at a high temperature and the solder and the metal pattern and the electrodes are made well adapted. With the load being applied, the temperature is changed to the temperature, which is lower than the melting point of a first solder 104 and higher than the melting point of a second solder 105. This state is held for the specified time. The first solder 104 is solidified during this period, and the laser chip 200 is fixed to a sub-mounting part 100. After fixing, the load is removed, the sub-mounting part is cooled and the second solder 105 is also solidified. Thus, the occurrence of the deviation of the alignment can be avoided while the solder is cooling. COPYRIGHT: (C)1999,JPO

JAPIO

© 2003 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 6278629

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-220218

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

識別記号

6 1 2

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

6 1 2

N

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平10-315759

(22) 出願日 平成10年(1998)11月6日

(31) 優先権主張番号 特願平9-305485

(32) 優先日 平9(1997)11月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 伊藤 茂穂

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 森下 由紀子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 陸彌

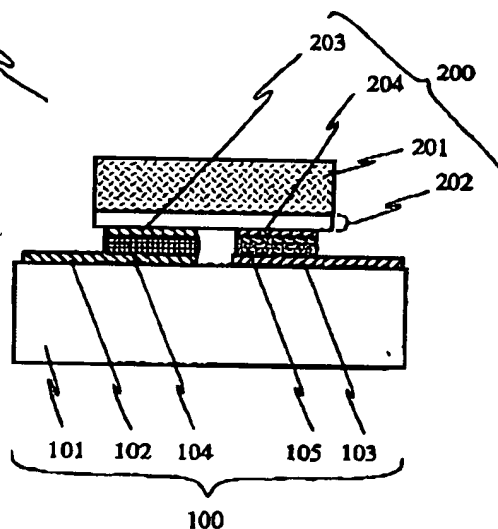
(54) 【発明の名称】 半導体発光装置、その製造方法およびマウント部材

(57) 【要約】

【課題】 片面に正負電極が形成される半導体発光チップを用いたにもかかわらず、ダイボンディング不具合が生じず、長期信頼性が向上した、半導体発光装置を得る。

【解決手段】 片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップが、該各電極に対向する導電膜パターンを積載面上に有したマウント部材に、積載されて構成される半導体発光装置において、第1の電極と第2の電極が異なるタイミングで形成されることを特徴とする。

10



(2)

特開平11-220218

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップが、各電極に対向する導電膜パターンを積載面上に有したマウント部材に、導電性接着剤を用いて積載されて構成する半導体発光装置において、第1の電極と第2の電極とは異なるタイミングで、マウント部材に固定されることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 前記複数の電極のうち、第1の電極は発光素子チップ内部の発光部に隣接する電極であり、第1の電極と第1の導電膜パターンとが第1のハンダで接続され、第2の電極と第2の導電膜パターンとが第1のハンダと異なる材料で接続されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項3】 前記第1のハンダと異なる材料は、第1のハンダの融点（T1）よりも高い融点（T2）を有する第2のハンダで構成されることを特徴とする、請求項2に記載の半導体発光装置。

【請求項4】 前記第1のハンダと異なる材料は、第1のハンダの融点（T1）よりも低い融点（T2）を有する第2のハンダで構成されることを特徴とする、請求項2に記載の半導体発光装置。

【請求項5】 前記第1のハンダと異なる材料は、導電性樹脂で構成されることを特徴とする、請求項2に記載の半導体発光装置。

【請求項6】 前記導電性樹脂は、異方導電性樹脂であり、前記マウント部材の積載面上の各導電膜パターンの間には溝が形成されていることを特徴とする請求項5に記載の半導体発光装置。

【請求項7】 前記マウント部材の放熱部が熱伝導率の異なる複数の放熱部で構成され、第1の電極が第1の放熱部に配置され、第2の電極が第2の放熱部に配置されることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項8】 前記第1の電極は発光素子チップ内部の発光部に隣接する電極であり、第1の放熱部は第2の放熱部より高い熱伝導率を持つことを特徴とする請求項7に記載の半導体発光装置。

【請求項9】 前記第1の放熱部と第2の放熱部は導電体であり、第1の放熱部と第2の放熱部の間に絶縁体を有することを特徴とする請求項7あるいは8のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項10】 前記複数の放熱部の厚さが20 $\mu$ m以上であることを特徴とする請求項7、8のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項11】 第1の放熱部と第1の電極、第2の放熱部と第2の電極は、それぞれ異方導電性樹脂で接続され、第1の放熱部と第2の放熱部の境界部には溝が形成されていることを特徴とする請求項7から10のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項12】 マウント部材上に導電性接着剤で複数の電極を固定する半導体発光装置の製造方法であって、

第1の電極をマウント部材に固定した後に、第2の電極をマウント部材に固定することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】 前記マウント部材上にあらかじめ設置した、前記第1のハンダおよび第2のハンダを、第1のハンダの融点T1および第2のハンダの融点T2のいずれよりも高い温度に保持してから、マウント部材上に前記半導体発光素子チップを積載し、続いて、第1のハンダおよび第2のハンダを、T1とT2の中間の温度に所定時間保持し、その後、T1およびT2のいずれよりも低い温度に冷却する、各過程からなるダイボンディング工程を用いたことを特徴とする、請求項12に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項14】 片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップを積載するためのマウント部材であって、積載面上に複数のハンダが配置され、第1のハンダと第2のハンダの融点が異なっていることを特徴とするマウント部材。

【請求項15】 片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップを積載するためのマウント部材であって、半導体発光素子チップに対向する面側で、異なる熱伝導率を持つ複数の放熱部が並列に構成され、導電性接着剤が前記複数の放熱部に配置されていることを特徴とするマウント部材。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップを用いた、半導体発光装置、その製造方法および、それに用いられるマウント部材に関する。

【0002】

【従来の技術】GaN系半導体は、紫外ないし緑色領域における発光素子を実現する材料として注目されており、中でも、これを用いて、従来よりも短波長で発光する半導体レーザ装置を実用化することが望まれている。GaN系半導体の特徴として、基板に絶縁体であるサファイアを用いる点が挙げられ、よって、このような半導体を用いた発光素子チップでは、従来と異なり、正負両方の電極がエピ層側に形成されるのが常である。そのため、GaN系半導体レーザチップに対して、エピ層側を下にした、すなわちジャンクションダウンのダイボンディングを実施するためには、エピ層側に一方の電極しか形成されない従前の半導体レーザチップとは異なったマウント方法が必要となる。

【0003】図19は、特開平7-235729号公報に開示された、このような技術を用いた半導体レーザ装置の一例である。図において、1はサブマウント基体、2はサブマウント積載面に設けられた金属パターン、3はハンダ、4はGaN系半導体レーザチップ本体、5はGaN系半導体レーザチップエピ層側に設けられた、正

負電極である。本例においては、絶縁性のサブマウントを用いており、サブマウント上面に、半導体レーザ正負電極に対応した金属膜パターンが設けられ、それぞれが、ハンダにより半導体レーザ正負電極に接合されて、ジャンクションダウンのダイボンディングが実現されている。

【0004】ここで、ダイボンディングとは、一般的には、次のような工程である。通常、ハンダはあらかじめサブマウント上に設けられている。これを、融点以上に加熱し、所定の位置にアライメントしたレーザチップを、溶解したハンダに押し付け、その後、ハンダを冷却固化させる。これにより、レーザチップとサブマウントとが熱伝導性よく接合される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術に示すような、片面に正負電極を有する半導体レーザチップでは、図19に示されたように、正負電極の間がハンダ接合され得ず、ブリッジ状にサブマウントと接合することになる。これによって、エピ層側に一方の電極しか形成されない従前の半導体レーザチップでは生じ得なかった、以下に示すような問題が発生する。

【0006】ダイボンディング工程において、融解したハンダが冷却される際には、ハンダの固化・合金化が必ずしも各部で均一に進行するものではないために、ハンダ部分の体積変化や表面張力が領域毎に変動し、接着面には複雑な力が加わっている。図19のように、接着面が正負両側に別れている半導体レーザ装置では、このような、接着面毎に加わる力のバランスが崩れることによって、冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう。実際に、本発明者の実験的知見によれば、図19に示された半導体レーザ装置でのアライメントずれの発生確率は、エピ層側に一方の電極しか形成されない従前の半導体レーザにおけるものと比べて、5倍程度高いものであった。このようなアライメントずれは、半導体レーザ装置の光学的特性の問題、すなわち、レーザ光の射出方向ずれを引き起こすだけでなく、片側に正負電極が形成されているがために、正負間でのショート・リークという問題をも発生させていた。これが、従来の技術の半導体レーザ装置における第1の問題点である。

【0007】また、レーザチップがブリッジ状にサブマウントと接合するので、レーザチップに大きな応力が加わりやすいという、構造上の問題もある。特に、両ハンダが同時に固化する際の、上述のような、予測できないそれぞれの接着面に加わる力の集中の具合によっては、半導体レーザチップに大きな熱歪み加わってしまう。このような応力・歪みは、半導体レーザ装置の寿命を短縮させる。これが、従来の技術の半導体レーザ装置における第2の問題点である。

【0008】本発明は、従来の技術における、上述の問

(3)

特開平11-220218

4

題点を解消することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載の半導体発光装置は、片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップが、各電極に対向する導電膜パターンを積載面上に有したマウント部材に、導電性接着剤を用いて積載されて構成する半導体発光装置において、第1の電極と第2の電極とは異なるタイミングで、マウント部材に固定されることを特徴とする。

10 【0010】本発明の請求項2に記載の半導体発光装置は、前記複数の電極のうち、第1の電極は発光素子チップ内部の発光部に隣接する電極であり、第1の電極と第1の導電膜パターンとが第1のハンダで接続され、第2の電極と第2の導電膜パターンとが第1のハンダと異なる材料で接続されていることを特徴とする。

【0011】本発明の請求項3に記載の半導体発光装置は、前記第1のハンダと異なる材料は、第1のハンダの融点(T1)よりも高い融点(T2)を有する第2のハンダで構成されることを特徴とする。

20 【0012】本発明の請求項4に記載の半導体発光装置は、前記第1のハンダと異なる材料は、第1のハンダの融点(T1)よりも低い融点(T2)を有する第2のハンダで構成されることを特徴とする。

【0013】本発明の請求項5に記載の半導体発光装置は、前記第1のハンダと異なる材料は、導電性樹脂で構成されることを特徴とする。

【0014】本発明の請求項6に記載の半導体発光装置は、前記導電性樹脂は、異方導電性樹脂であり、前記マウント部材の積載面上の各導電膜パターンの間には溝が形成されていることを特徴とする。

30 【0015】本発明の請求項7に記載の半導体発光装置は、前記マウント部材の放熱部が熱伝導率の異なる複数の放熱部で構成され、第1の電極が第1の放熱部に配置され、第2の電極が第2の放熱部に配置されることを特徴とする。

【0016】本発明の請求項8に記載の半導体発光装置は、前記第1の電極は発光素子チップ内部の発光部に隣接する電極であり、第1の放熱部は第2の放熱部より高い熱伝導率を持つことを特徴とする。

40 【0017】本発明の請求項9に記載の半導体発光装置は、前記第1の放熱部と第2の放熱部は導電体であり、第1の放熱部と第2の放熱部の間に絶縁体を有することを特徴とする。

【0018】本発明の請求項10に記載の半導体発光装置は、前記複数の放熱部の厚さが20μm以上であることを特徴とする。

50 【0019】本発明の請求項11に記載の半導体発光装置は、第1の放熱部と第1の電極、第2の放熱部と第2の電極は、それぞれ異方導電性樹脂で接続され、第1の放熱部と第2の放熱部の境界部には溝が形成されている

ことを特徴とする。

【0020】本発明の請求項12に記載の半導体発光装置の製造方法は、マウント部材上に導電性接着剤で複数の電極を固定する半導体発光装置の製造方法であって、第1の電極をマウント部材に固定した後に、第2の電極をマウント部材に固定することを特徴とする。

【0021】本発明の請求項13に記載の半導体発光装置の製造方法は、前記マウント部材上にあらかじめ設置した、前記第1のハンダおよび第2のハンダを、第1のハンダの融点T1および第2のハンダの融点T2のいずれよりも高い温度に保持してから、マウント部材上に前記半導体発光素子チップを積載し、続いて、第1のハンダおよび第2のハンダを、T1とT2の中間の温度に所定時間保持し、その後、T1およびT2のいずれよりも低い温度に冷却する、各過程からなるダイボンディング工程を用いたことを特徴とする。

【0022】本発明の請求項14に記載のマウント部材は、片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップを積載するためのマウント部材であって、積載面上に複数のハンダが配置され、第1のハンダと第2のハンダの融点が異なっていることを特徴とする。

【0023】本発明の請求項15に記載のマウント部材は、片面に複数の電極を有する半導体発光素子チップを積載するためのマウント部材であって、半導体発光素子チップに対向する面側で、異なる熱伝導率を持つ複数の放熱部が並列に構成され、導電性接着剤が前記複数の放熱部に配置されていることを特徴とする。

【0024】本明細書において、半導体発光装置とは、半導体レーザチップやLEDチップのような半導体発光素子チップを、マウント部材に積載し、一体化したものを表している。

【0025】また、本明細書において、マウント部材とは、半導体発光素子チップを直接積載するための部品を意味しており、例えば、半導体発光素子チップ用のサブマウントや、サブマウントを用いず直接ステム、フレームもしくはパッケージに積載する場合においては、このステム、フレームもしくはパッケージ自身を指している。また、本明細書において導電性接着剤とは、ハンダ、ロー材、導電性樹脂を含む。また、放熱材料として知られている材料の例としては、熱伝導率の大きいものから順にダイヤモンド>cBN>Ag>Cu>SiC>CuW>BeO>AlN>Fe>Mo>Si>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>GaAs等がある。(参照：堀風館、伊藤良一・中村道治共著「半導体レーザ」P. 232、図16. 19)但し、本発明においては、放熱材料の熱伝導率の差に着目するため、熱伝導率の異なる組合わせを選択すれば、上記材料以外の材料から選択しても構わない。

【0026】

【発明の実施の形態】以下の実施の形態においては、サブマウント基体が放熱部となる。

【0027】〔実施の形態1〕図1は、本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置を示す断面模式図である。図において、10は本実施の形態の半導体レーザ装置、100は本実施の形態のサブマウント、101は絶縁性サブマウント基体、102は正側金属パターン、103は負側金属パターン、104は第1のハンダ、105は第2のハンダであり、また、200はGa<sub>0.5</sub>N系半導体レーザチップ、201はサファイア基板、202は半導体成長層、203は正電極、204は負電極である。図示されるように、サブマウント積載面のハンダおよび金属パターンは、適宜パターン形成されることにより、それぞれが絶縁分離されており、よって、片面に正負電極を有する半導体レーザ素子の積載を可能としていることは、従来の技術と同様である。

【0028】図2は、上記Ga<sub>0.5</sub>N系半導体レーザチップ200の構成を、より詳しく示した断面図であり、これを参照して、以下にその構成を説明する。

【0029】サファイア基板201表面に、AlNもしくはGa<sub>0.5</sub>Nからなるバッファ層210、n-GaN層211、n-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層212、多層のInGa<sub>0.5</sub>Nからなる量子井戸活性層213、半導体レーザの共振器方向に沿ったリッジストライプ形状のp-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層214が順次形成されている。さらに、ストライプ外部には、n-AlGa<sub>0.5</sub>N電流阻止層215が積層され、電流阻止層表面およびリッジストライプ部p-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層表面には、p-GaNキャップ層216が積層形成されている。バッファ層210からキャップ層216の各層により、半導体成長層202が構成される。半導体成長層202の一部には、リッジストライプに平行して、表面からn-GaN層に達する溝が設けられ、各p型の成長層が、二分される。リッジストライプの存在する側のp-GaNキャップ層表面には、正電極203が設けられ、さらに、溝底部に露出したn-GaN層に接触して、負電極204が設けられ、これは、反対側のp-GaNキャップ層表面にまで、延長される。これにより、半導体レーザチップの成長層側表面に正負電極が露出している。また、溝内部にはSiO<sub>2</sub>等からなる絶縁体205が設けられ、ダイボンディング工程におけるショートを防止する役割を果たしている。上記構成により図2において記号206で示すストライプ状部分が半導体レーザの発光部となる。本実施の形態においては、一例として、レーザチップのサイズを、長さ0.5×幅0.6×高さ0.1mmとし、電極間の距離を50μmとした。このような半導体レーザチップは、公知技術により容易に構成できるので、その製造方法の説明は省略する。

【0030】図3は、本実施の形態の半導体レーザ装置に用いた、本実施の形態のサブマウントを示す模式図である。各記号は図1と同一である。本実施の形態において、サブマウント基体101には、絶縁体であるAlN

7

を用い、金属パターン102および103には、Au (0.1 μm) / Pt (0.1 μm) / Ti (0.1 μm) (Au オン Pt オン Ti、以下同様)、第1のハンダ104には融点T1が280℃であるAuSn (Au80%, Sn20%)、第2のハンダには、融点T2が、232℃であるSnを用いた。すなわち、本実施の形態においては、 $T1 > T2$ の関係が成立する。各金属パターンおよび各ハンダの成膜は、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を適宜用いて行うことができる。本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体101のサイズを、長さ1.5×幅2×高さ0.2mmとし、ハンダ間の距離を50 μm、ハンダの厚さを1 μmとした。

【0031】上述の構成によって、本半導体レーザチップにおいては、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、本サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

【0032】次に、本実施の形態の半導体レーザ装置を製造するためのダイボンディング工程について、図4を参照しつつ、説明する。図4は、工程の各過程におけるサブマウント積載面温度Tの変化を示したグラフ（温度プロファイル）である。ここで、Tは、各ハンダの温度に一致している。

【0033】（過程A）始めに、図3に示した、本実施の形態のサブマウントを、第1および第2のハンダの融点よりも高い温度である $T = 300^\circ\text{C}$ まで加熱したところ、双方のハンダが融解した。

（過程B）図2に示した半導体レーザチップを、適切にアライメントし、レーザチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載した。ここで、アライメントは、次の要領でなされる。正電極と第1のハンダおよび正側金属パターン、負電極と第2のハンダおよび負側金属パターンが、それぞれ一致するように、すなわち、図1に示されるように、また、半導体レーザチップのストライプ方向が、サブマウントの端面と垂直の関係になり、光出射面がサブマウントの端面とほぼ一致するように、方向および位置併せされる。次いで、半導体レーザチップに約20 gの荷重を加えて、 $T = 300^\circ\text{C}$ の状態を30～120秒間保持し、ハンダと、金属パターンおよび電極とを良くなじませた。（ $T > T1$ 、 $T2$ ）

（過程C）荷重を加えたまま、Tを第1のハンダの融点よりも低く、第2のハンダの融点よりも高い温度である250℃に変化させた。

（過程D） $T = 250^\circ\text{C}$ の状態を30秒間保持した。この間に、第1のハンダが固化し、半導体レーザチップはサブマウントに固定された。第1のハンダが固化した

(5)

特開平11-220218

8

後、荷重を加えることを止めた。（ $T1 > T > T2$ ）

（過程E）サブマウントを冷却し、第2のハンダも固化させた。室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を、終了した。以上により、図1に示す本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0034】本実施の形態の半導体レーザ装置は、第1のハンダの融点が第2のハンダの融点よりも高く構成されているので、従来の技術の問題点が以下のように、解消されている。

【0035】上記過程Bにおいて融解したハンダのうち、発光部に隣接する第1のハンダ104のみが、過程Dで固化する。このとき、第2のハンダは、まだ、融解しているので、従来の技術において問題となったような、両方のハンダが同時に固化しようとするに伴う、各接合面毎に加わる力のアンバランスが生じない。これにより、半導体レーザチップは、第1のハンダの固化に伴って、動くことなく固定される。よって、その後、第2のハンダが固化する際にチップがずれてしまうこともなく、結果として、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題が回避される。また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接合面に加わる力の、偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪み加わることも無い。さらに、先に第1のハンダ側が固定された後、第2のハンダ側の固定に至るまでの間に、チップに引き起こされる歪みが緩和されている。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0036】本実施の形態の半導体発光素子の製造方法においては、過程Bの温度Tが、第1のハンダの融点より若干高い温度に設定されている。これは、正電極と正側金属パターンの接合を、最適な条件で行うためのもので、これにより、それらとハンダの間での合金化が適正に進み、また、ハンダが厚すぎて介在されることがなくなり、よって、熱抵抗を最小限とした接合が可能になる。これに対して、負電極側の接合は、より低融点のハンダが用いられているために、過程Bの温度Tが第2のハンダの融解処理温度として必ずしも適切なものではなく、よって、第2のハンダの適正な処理温度を用いたダイボンディング工程によるものに比べると、接合の熱抵抗として最適な値が得られない。しかしながら、本実施の形態の半導体レーザ装置では、発光部に隣接した電極が正電極であるので、負電極側の熱抵抗は、半導体レーザ装置の熱抵抗にほとんど影響せず、結果として、半導体レーザ装置の熱抵抗が最適化されていることになって、温度特性向上に貢献する。

【0037】比較のために、本実施の形態の半導体レー

ザ装置における、第2のハンダを第1のハンダと同一の材料で構成した、対照半導体レーザ装置を作製した。サブマウントの端面垂直方向から $\pm 2^\circ$ 以内にレーザビーム中心がくことをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が96%だったのに対し、対象半導体レーザ装置においては、78%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、3mW、70℃（初期電流90mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約40%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。このように、従来の技術を用いた半導体レーザ装置と比較して、ダイボンディング工程の生産性の向上と、装置寿命特性の向上が確認された。

【0038】また、本実施の形態のサブマウントによれば、従来の技術のものと比較して、半導体レーザ装置の生産性を向上せしめ、装置寿命特性を改善させる効果を奏する。

【0039】〔実施の形態2〕本実施の形態の構成は、第1のハンダおよび第2のハンダの材料が異なる他は、実施の形態1と同様である。

【0040】本実施の形態の半導体レーザ装置、および、これに用いた本実施の形態のサブマウントにおいて、第1のハンダには融点 $T_1$ が156℃であるIn、第2のハンダには、融点 $T_2$ が217℃であるSnAu（Sn90%、Au10%）を用いた。すなわち、本実施の形態においては、 $T_1 < T_2$ の関係がある。

【0041】本実施の形態についても実施の形態1と同様に、半導体レーザチップにおいて、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

【0042】次に、本実施の形態の半導体レーザ装置を製造するためのダイボンディング工程について、図5を参照しつつ、説明する。図5は、本ダイボンディング工程の各過程におけるサブマウント積載面温度 $T$ の変化を示したグラフである。ここで、 $T$ は、各ハンダの温度にほぼ一致する。

【0043】（過程A）始めに、本実施の形態のサブマウントを、第1および第2のハンダの融点よりも高い温度である $T = 250^\circ\text{C}$ まで加熱したところ、両方のハンダが融解した。

（過程B）図2に示した半導体レーザチップを、適切にアライメントし、レーザチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載した。ここで、アライメントは、次の要領でなされる。正電極と第1のハンダおよび正側金属パターン、負

電極と第2のハンダおよび負側金属パターンが、それぞれ一致するように、すなわち、図1に示されたのと同様に、また、半導体レーザチップのストライプ方向が、サブマウントの端面と垂直の関係になり、光出射面がサブマウントの端面とほぼ一致するように、方向および位置併せされる。次いで、半導体レーザチップに約30gの荷重を加えて、 $T = 250^\circ\text{C}$ の状態を30秒間保持し、ハンダと金属パターンおよび電極とを良くなじませた。

（ $T > T_1$ 、 $T_2$ ）

- 10 （過程C）荷重を加えたまま、 $T$ を第1のハンダの融点よりも高く、第2のハンダの融点よりも低い温度である $190^\circ\text{C}$ に変化させた。

（過程D） $T = 190^\circ\text{C}$ の状態を30秒間保持した。この間に、第2のハンダが固化し、半導体レーザチップはサブマウントに固定された。第2のハンダが固化した後、荷重を加えることを止めた。（ $T_1 < T < T_2$ ）

（過程E）サブマウントを冷却し、第1のハンダも固化させた。室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を、終了した。以上により、

- 20 本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0044】本実施の形態の半導体レーザ装置は、第1のハンダの融点が第2のハンダの融点よりも低く構成されているので、従来の技術の問題点が以下のように、解消されている。

【0045】上記過程Bにおいて融解したハンダのうち、発光部に隣接する第2のハンダのみが、過程Dで固化する。このとき、第1のハンダは、まだ、融解しているので、従来の技術において問題となったような、両方のハンダが同時に固化しようとするに伴う、各接合面に加わる力のアンバランスが生じない。この過程で、半導体レーザチップは、第2のハンダの固化に伴って、動くこともなく固定される。よって、その後、第1のハンダが固化する際にチップがずれてしまうこともなく、結果として、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題点が回避される。

【0046】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接合面に加わる力の、偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪みが加わることも無い。さらに、先に第2のハンダ側が固定された後、第1のハンダ側の固定に至るまでの間に、チップに引き起こされる歪みが緩和されている。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

- 50 【0047】また、本実施の形態の半導体発光素子の製造方法において、半導体レーザチップの発光部に隣接する側の電極、すなわち、正電極は、ダイボンディング工程の最終過程Eで始めて固定される。よって、ダイボン

(7)

特開平11-220218

12

11

ディング工程途中で、発光部に引き起こされる歪みは、最終過程の段階まで緩和され得るので、本ダイボンディング工程を経た半導体レーザ装置の発光部における応力・熱歪みは、実施の形態1とくらべて小さいものにできる。よって、本実施の形態によれば、半導体レーザ装置の寿命特性をさらに向上できる。

【0048】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置における第2のハンダを、第1のハンダと同一の材料で構成した、対照半導体レーザ装置を作製した。サブマウントの端面垂直方向から±2°以内にレーザビーム中心がくることがダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%だったのに対し、対照半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、5mW、60℃（初期電流80mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約70%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察さ

れた。このように、従来の技術を用いた半導体レーザ装置と比較して、ダイボンディング工程の生産性の向上と、装置寿命特性の向上が確認された。

【0049】また、本実施の形態のサブマウントによれば、従来の技術のものと比較して、半導体レーザ装置の生産性を向上せしめ、装置寿命特性を改善させる効果を奏する。

【0050】実施の形態1ないし2における、上述の各ハンダは、In、Sn、Pb、InAl、SnAg、PbIn、PbSn、AuSn、AuSi、AuGe等の他のハンダ、金属性ろう材に置き換えることができる。この際、融点に注意して、正負ハンダを選定する必要がある。表1に、代表的な電子工業用ハンダの融点を示した。このように、本表に示されているだけでも、ハンダの融点は150℃～400℃と多岐にわたるから、各実施の形態において、融点の異なるハンダの組み合わせを容易に得ることができることが明らかである。

【0051】

【表1】

### 代表的な電子工業用ハンダの融点

ハンダ	成分 (%)	融点(℃)
AuSi	Au 94 Si 6	370
AuGe	Au 88 Ge 12	356
AuSn	Au 80 Sn 20	280
In	In 100	156
Sn	Sn 100	232
SnAg	Sn 96.5 Ag 3.5	221
SnAu	Sn 90 Au 10	217
SnPb	Sn 61.9 Pb 38.1	183
Pb	Pb 100	327
PbAg	Pb 97.5 Ag 2.5	303

【0052】また、各実施例における温度プロファイルを図4もしくは図5で説明したが、これは、理想的な温度変化を示したものであって、実際には、過程BやDで厳密に一定温度が保持される必要があるものでもなく、それぞれの過程で徐々に温度変化があるようなプロファイルであってもかまわない。

【0053】【実施の形態3】図6は、実施の形態3の半導体レーザ装置を示す断面図である。図において、30は、本実施の形態の半導体レーザ装置、300はサブマウント、301は導電性樹脂であり、その他実施の形態1と同様の部分については図1と同一の符号で示した。本実施の形態の半導体レーザ装置の構成は、実施の形態2における第2のハンダを導電性樹脂に置換した他は、実施の形態2とほぼ同様である。

【0054】ここで、導電性樹脂とは、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、あるいはこれらの混合物のいずれかの樹脂の中に、金属粉等を所定量混入したものであり、接着性と導電性を併せ持つものである。本実施の形態の半導体レーザ装置において、導電性樹脂接着剤301には、熱硬化性エポキシ樹脂の中に、Ag粒子を50ないし90wt%配合したものをを用いた。これにより、導電性樹脂は、金属並の導電性を有している。樹脂の硬化温度として180℃程度のものをを用いた。また、第1のハンダには融点が156℃であるInを用いた。

【0055】本実施の形態についても実施の形態2と同様に、半導体レーザチップにおいて、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、サブマウントにおいては、正側金属パ



13

ターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

【0056】次に、本実施の形態の半導体レーザ装置を製造するためのダイボンディング工程について説明する。

【0057】あらかじめ、図3に示されたのと同様のサブマウントを準備する。ただし、負側の電極パターン上には、第2のハンダに代えて、上記導電性樹脂が設けられている。この段階で、樹脂は未硬化である。

【0058】次に、サブマウントの温度を上昇させ、ハンダが融解した後、図2に示した半導体レーザチップを、適切にアライメントし、レーザチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載した。

【0059】その後、レーザチップに30gの荷重を加えつつ、ハンダの融点以上の温度である180℃の状態を1分間保持して、ハンダと金属パターンおよび電極とを良くなじませ、また、樹脂を硬化させた。

【0060】それから、ハンダを固化させ、室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を終了した。以上により、本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0061】本実施の形態の半導体レーザ装置は、第2のハンダに替えて、導電性樹脂を用いたので、従来の技術の問題点が以下のように、解消されている。

【0062】上記過程において融解したハンダが固化する際には、既に、導電性樹脂が硬化しており、よって、半導体レーザチップは、第1のハンダの固化に伴って動くことがない。つまり、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題点が回避される。

【0063】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接着面に加わる力の偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪み加わることも無い。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0064】また、本実施の形態の半導体発光素子の製造方法において、半導体レーザチップの発光部に隣接する側の電極は、従来同様ハンダにてサブマウントに接着されており、半導体レーザ装置の熱抵抗は、従来のものと同等である。本実施の形態と逆に、発光部に隣接する側の電極を、導電性樹脂で接続する構成とすると、熱抵抗が大きくなり、半導体発光装置の温度特性が悪化してしまう。

【0065】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置における導電性樹脂に替えて、第1のハンダと同一の材料を用いた、対照半導体レーザ装置を作製した。

(8)

特開平11-220218

14

サブマウントの端面垂直方向から±2°以内にレーザビーム中心がくることをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%だったのに対し、対象半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、3mW、50℃(初期電流50mA程度)の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約30%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。

【0066】さらに、図2に示したように、半導体レーザチップの正負電極がほぼ同一面上にある場合に限らず、図19に示されるように、発光層に隣接する側と逆側の電極(負電極)が覆んだ面上に設けられていても良い。特に、本実施の形態のように、発光層に隣接する側と逆側の電極の接続に、導電性樹脂を用いたので、この硬度を調整することによって、歪みが大きくても、確実に電気的導通を確保することができるようになる。

【0067】このように、本実施の形態のサブマウントを用いれば、従来の技術の場合と比較して、半導体レーザ装置の生産性が向上した。さらに、半導体レーザ装置の長期信頼性も向上した。

【0068】〔実施の形態4〕図7は、本実施の形態の半導体レーザ装置を示す断面図である。図において、40は、本実施の形態の半導体レーザ装置、400はサブマウント、401はサブマウント積載面上の金属パターン間に設けられた溝、402は異方導電性樹脂であり、その他実施の形態1と同様の部分については図1と同一の符号で示した。本実施の形態の半導体レーザ装置の構成は、実施の形態3における導電性樹脂を異方導電性樹脂とした他は、実施の形態3と同様である。溝のサイズは、深さ0.2mm、幅0.1mmとした。

【0069】ここで、導電性樹脂を異方性とするために、本実施の形態においては、熱硬化性エポキシ樹脂の中に、Ag粒子を数ないし数10wt%配合したものをを用いた。これにより、異方導電性樹脂は、荷重を加えずに硬化した場合、金属粉が分散するので、絶縁性となり、所定の荷重を加えて硬化した場合、金属粉同士が接触するので、導電性となる。樹脂の硬化温度は180℃程度とした。また、第1のハンダには融点が156℃であるInを用いた。

【0070】本実施の形態についても実施の形態1と同様に、半導体レーザチップにおいて、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

【0071】次に、本実施の形態の半導体レーザ装置を

製造するためのダイボンディング工程について説明する。

【0072】あらかじめ、図3に示されたのと同様ではあるが、上記溝が設けられたサブマウントを準備する。また、負側の電極パターン上には、第2のハンダに代えて、上記異方導電性樹脂が設けられる。ただし、この段階で、樹脂は未硬化である。

【0073】次に、サブマウントの温度を上昇させ、ハンダが融解した後、図2に示した半導体レーザチップを、適切にアライメントし、レーザチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載した。このとき、樹脂が拡がり、図7に示されるように、正側のハンダ等に接触した。

【0074】その後、レーザチップに30gの荷重を加えつつ、ハンダの融点以上の温度である180℃の状態を1分間保持して、ハンダと金属パターンおよび電極とを良くなじませ、また、樹脂を硬化させた。

【0075】それから、ハンダを固化させ、室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を、終了した。以上により、本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0076】本実施の形態の半導体レーザ装置は、第2のハンダに替えて、導電性樹脂を用いたので、従来の技術の問題点が実施の形態3の場合と同様、以下の如く解消されている。

【0077】上記過程において融解したハンダが固化する際には、既に、導電性樹脂が硬化しており、よって、半導体レーザチップは、第1のハンダの固化に伴って動くことがない。つまり、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題が回避される。

【0078】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接着面に加わる力の偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪み加わることも無い。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0079】また、本実施の形態の半導体発光素子の製造方法において、半導体レーザチップの発光部に隣接する側の電極は、従来同様ハンダにてサブマウントに接着されており、半導体レーザ装置の熱抵抗は、従来のものと同等である。

【0080】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置における第2のハンダを、第1のハンダと同一の材料で構成した、対照半導体レーザ装置を作製した。サブマウントの端面垂直方向から±2°以内にレーザビーム中心がくることをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%だったのに対し、対象半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、3mW、50℃（初期電流50mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約30%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。

たのに対し、対象半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、3mW、50℃（初期電流50mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約30%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。

【0081】このように、本実施の形態のサブマウントを用いれば、従来の技術の場合と比較して、半導体レーザ装置の生産性が向上した。さらに、半導体レーザ装置の長期信頼性も向上した。

【0082】さらに、図2に示したように、半導体レーザチップの正負電極がほぼ同一面上にある場合に限らず、図19に示されるように、発光層に隣接する側と逆側の電極（負電極）が窪んだ面上に設けられていても良い。特に、本実施の形態のように、発光層に隣接する側と逆側の電極の接続に、導電性樹脂を用いたので、この硬度を調整することによって、窪みが大きくても、確実に電氣的導通を確保することができるようになる。

【0083】また、特に、本実施の形態の半導体発光素子においては、異方導電性樹脂を用い、サブマウント金属膜パターン間に溝を設けたので、樹脂の溝上の領域には荷重が加わらず絶縁性であり、金属パターン上の領域には荷重が加わり導電性となる。よって、負電極と負側金属パターン間には、電氣的など導通が確保されるが、図7に示される如く、たとえ樹脂が正電極等と接触したとしても、ショートすることがない。よって、ダイボンディング工程における、ショート発生による生産性の低下を防止することができる。

【0084】以上、本発明の構成を特定の例を挙げて説明したが、本発明の適用範囲はこれに限られるものではなく、当然ながら、各構成要素をそれぞれ用途を同じくする材料に置換し得るし、他の技術を組み合わせて用いることもできる。

【0085】上述の絶縁性サブマウント基体は、ダイヤモンド、Si、SiC、cBN、BeO、AlO等の他の絶縁材料や、さらには、ダイヤモンド/Si、SiO/Siに代表されるように、それら各絶縁材料の積層構造からなる、他の絶縁性サブマウント基体に置き換えることができる。

【0086】また、必ずしもサブマウント基体は絶縁性である必要はなく、正負両電極の間を絶縁する工夫を行ったうえで、導電性サブマウント基体を用いることができる。導電性サブマウント基体としては、Si、Ge、SiC、Cu、CuW、Mo等の材料や、それら各物質の積層構造を用いることができる。上述の半導体レーザチップは、図2に示した特定の例に限られるものではなく、基板としてGa<sub>0.5</sub>N、SiC、Si、SiO/サファイア等の他の材料を用いる等の変更が可能であり、また、半導体成長層の材料系として、例えば、InGaAs

17

s P系、InGaAlP系、AlGaIn系、CdZnSe系等の他のものを用いることも可能である。また、半導体レーザチップを、LED、スーパーリミネセンスダイオード等の他の発光素子チップにも置換し得る。

【0087】また、上記実施の形態のサブマウントにおいて、各ハンダおよび各金属パターンの形状を、図3に特定の例で示したが、本発明はこれに限られるものではなく、適宜変更され得るものである。例えば、必ずしも、金属パターンがサブマウントのほぼ全面を覆うように設けられる必要はない。また、サブマウント積載面上に、さらに、ワイヤボンディング用のパッド部を設けることや、ダイボンディング時の位置合わせのための印を設けることは、当業者には、容易に想定し得る事項である。あるいは、いわゆるマルチビームレーザのように、3以上の電極を有する半導体レーザチップを積載した半導体レーザ装置にも、上記原理に基づいて、本発明を応用することは、当業者にとって容易に想定し得る。

【0088】さらに、ハンダ層とサブマウント基体との間には、公知のごとく、種々の膜を介在させることが可能であり、例えば、サブマウントとハンダ間の密着性を向上させるための膜、サブマウントとハンダ間の反応を防止するための膜、さらには、これらの膜の間の密着性を高めたり、酸化を防止するための膜が適宜積層形成されてもよい。上記実施の形態に示した金属パターンAu/Pt/Tiに置換し得るものとして、Pt/Cr、Au/Mo、Au/Pt/Cr、Au/Mo/Ti等も用いることが可能である。ハンダ、絶縁膜、ボンディングパッド、サブマウント基体相互の間にも、同様の目的で、種々の膜を介在させることが想定される。

【0089】またさらに、図1、3、6に示されたサブマウントの構成によれば、第1ハンダと第2ハンダとの間のスペースには、特別の構造は設けられていないが、ここに、ダイボンディング工程時のショートを防止したり、アライメントずれを防止するために、溝・梨地面・樹脂突起・絶縁体突起等の構造物を設けても良い。

【0090】上述の各実施の形態においては、半導体レーザ素子用サブマウントについて説明したが、本発明の適用は、これに限られるものでなく、発光素子チップのマウント部材全般に適用できる。すなわち、任意のマウント部材において、発光素子チップのダイボンディングされる部分が、上述の各実施の形態と同様の構成であれば、他の発光素子チップ用マウント部材においても上述同様の効果を奏することは、明白である。したがって、発光素子チップを、サブマウントを用いず直接ステム、フレーム、もしくはパッケージに積載する場合においては、このステム、フレームもしくはパッケージに、上記本発明の構成を適用することができる。

【0091】〔実施の形態5〕絶縁体×絶縁体（絶縁体×導体も）、凹部埋め込み型

図8は、本発明の実施の形態5の半導体レーザ装置を示

(10)

特開平11-220218

18

す断面模式図である。図8において、50は本実施の形態の半導体レーザ装置、500は本実施の形態のサブマウント、501a、501bは絶縁体で形成されるサブマウント基体、102は正側金属パターン、103は負側金属パターンであり、504、505は導電性接着剤としてハンダを用いている。ここで501aと501bは、熱伝導率が異なる絶縁体材料で形成されている。図示されるように、サブマウント積載面のハンダおよび金属パターンは、適宜パターン形成されることにより、それぞれが絶縁分離されており、よって、片面に正負電極を有する半導体レーザ素子の積載を可能としていることは、従来の技術と同様である。本実施例では、サブマウント基体501aは、その断面図においてL字型をしているが、断面図においてコの字型を形成するように掘り、その中に501bを埋め込んでもよい。

【0092】図9は、本実施の形態の半導体レーザ装置に用いた、本実施の形態のサブマウントを示す模式図である。各記号は図8と同一である。本実施の形態において、サブマウント基体501aには絶縁体であるAlNを用い、サブマウント基体501bにはAlNより熱伝導率が低い絶縁体であるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au (0.1μm)/Pt (0.1μm)/Ti (0.1μm) (Au オン Pt オン Ti、以下同様)、ハンダ504および505には融点が217℃であるSnAu (Sn90%、Au10%)ハンダを用いた。サブマウント基体の作成方法の一例として、図10(a)に示すように、サブマウント基体501aをまず、ドライエッチングやウェットエッチング等のエッチング手段、また物理的に研削する手段等を用いて段差を形成したうえで、図10(b)に示すように真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、熱転写法、印刷法、焼結法、塗布法等の公知技術を適宜用いて501bを成膜し、図10

(c)に示すように研磨により平坦化することにより形成する。そして、図10(d)に示すように正側金属パターン102、負側金属パターン103を、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、熱転写法、印刷法、焼結法、塗布法等の公知技術を適宜用いて成膜する。本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体501aと501bを併せた全体のサイズを、長さ2mm×幅1.5mm×高さ0.2mmとし、501bのみの大きさは長さ2mm×幅0.7mm×高さ0.1mmとし、ハンダ間の距離を50μm、ハンダの厚さを1μmとした。

【0093】上述の構成によって、本半導体レーザチップにおいては、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、本サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。また、50

1 a、5 0 1 bは放熱部となるので、放熱効率を高くするため、厚さが $20\mu\text{m}$ 以上あるのが好ましい。

【0094】次に、本実施の形態の半導体レーザ装置を製造するためのダイボンディング工程について説明する。図11は、工程の各過程におけるサブマウント積載面温度 $T$ の変化を示したグラフ（温度プロファイル）である。ここで、 $T$ は、各ハンダの温度に一致している。

（過程A）始めに、図9に示した、本実施の形態のサブマウントを、ハンダの融点（ $T_m=217^\circ\text{C}$ ）よりも高い温度である $T_p=250^\circ\text{C}$ まで加熱したところ、双方

のハンダが融解した。  
（過程B）図2に示したGa<sub>x</sub>N系半導体レーザチップ200を、適切にアライメントし、レーザチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載した。ここで、アライメントは、次の要領でなされる。正電極203とハンダ504および正側金属パターン102、負電極204とハンダ505および負側金属パターン103が、それぞれ一致するように、すなわち、図8に示されるように、また、半導体レーザチップのストライプ方向が、サブマウントの端面と垂直の関係になり、光出射面がサブマウントの端面とほぼ一致するように、方向および位置併せされる。次いで、半導体レーザチップに約20gの荷重を加えて、 $T_p=250^\circ\text{C}$ の状態を30秒間保持し、ハンダと、金属パターンおよび電極とを良くなじませた。

（過程C）荷重を加えたまま、加熱を止めた。すると、図中実線で示すように、熱伝導率の大きいサブマウント基体501aに対向するハンダ504は早く冷却され、1秒で融点 $T_m$ まで下がり、固化する。ここで、荷重を加えるのを止めた。その後、図中破線で示すように、2秒で熱伝導率の小さいサブマウント基体に対向するハンダ505が融点 $T_m$ まで下がり、固化する。室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を、終了した。以上により、図8に示す本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0095】本実施の形態の半導体レーザ装置は、熱伝導率の異なるサブマウント基体を用いて、ハンダの固まる速度を正電極側と負電極側と異ならせることにより、固化の際に接合面毎にかかる力のバランスを保ちつつ、接合面にかかる力を分散させているので、従来の技術の問題点が以下のように、解消されている。

【0096】上記過程Bにおいて融解したハンダのうち、発光部に隣接するハンダ504のみが、先に1秒で固化する。このとき、ハンダ505は、まだ、融解しているので、従来の技術において問題となったような、両方のハンダが同時に固化しようとするに伴う、各接合面毎に加わる力のアンバランスが生じない。これにより、半導体レーザチップは、ハンダ504の固化に伴って、動くことなく固定される。よって、その後、ハンダ505が固化する際にチップがずれてしまうこともな

く、結果として、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題が回避される。

【0097】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接合面に加わる力の、偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪み加わることも無い。さらに、先にハンダ504側が固定された後、ハンダ505側の固定に至るまでの間に、チップに引き起こされる歪みが緩和されている。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0098】本実施の形態の半導体発光素子の製造方法においては、過程Bの温度 $T$ が、ハンダ504、505の融点より若干高い温度に設定されている。これは、電極と金属パターンの接合を、最適な条件で行うためのもので、これにより、それらとハンダの間での合金化が適正に進み、また、ハンダが厚すぎて介在されることがなくなり、よって、熱抵抗を最小限とした接合が可能になる。

【0099】また、本実施の形態の半導体レーザ装置では、発光部に隣接した電極が正電極である。レーザチップの温度上昇による特性劣化を押さえるためには発光部に隣接した正電極からの放熱が良好な方がこのましい。そのため、正電極に接するハンダ504が、熱伝導率の大きい方のサブマウント基体に配置されている方が好ましい。さらに、正電極と負電極とで電気抵抗率が異なる場合はそれによっても各電極での発熱量が異なるため、その点も考慮するのが好ましい。

【0100】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置における、サブマウント基体501aおよび501bを同一の材料で構成した、対照半導体レーザを作成した。サブマウントの端面垂直方向から $\pm 2^\circ$ 以内にレーザビーム中心がくることをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件として規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%であったのに対し、対照半導体レーザにおいては、78%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、3mW、 $70^\circ\text{C}$ （初期電流90mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったら、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約40%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。このように、従来の技術を用いた半導体レーザ装置と比較して、ダイボンディング工程の生産性の向上と、装置寿命特性の向上が確認された。また、本実施の形態のサブマウントによれば、従来の技術のものと比較して、半導体レーザ装置の生産性を向上せしめ、装置寿命特性を改善させる効果を奏する。

【0101】本実施の形態においては、サブマウント基

(12)

特開平11-220218

22

21

体501aおよび501bがどちらも絶縁体であったが、熱伝導率の異なる材料の組合わせであれば、絶縁体と導電体の組合わせでもよいことは言うまでもない。例えば、図12(a)に示すように金属で形成されるサブマウント基体501aを途中まで形成した上に、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、熱転写法、印刷法、焼結法、塗布法等の公知技術を適宜用いて、絶縁膜で形成されるサブマウント基体501bを成膜し、図12(b)に示すように、ドライエッチングやウェットエッチング等のエッチング手段、また物理的に研削する手段等の公知技術を適宜用いてを用いて段差形成を行い、図12

(c)に示すように、めっき法によって段差部分へサブマウント基体501aを埋め込み、図12(d)に示すように電極を形成することでも形成することができる。

【0102】また、導電体を用いる場合は、金属パターンを兼ねることも可能であるし、さらにはマウント部材のレーザーチップに面した側からだけでなく、側面や裏面からもステム、パッケージ、外部リード等へ直接接続が可能となり、放熱効率のアップやシステム全体の簡略化へつながる。また、本実施の形態では504、505には同一のハンダを用いたが、504側が先に固化するように設計されていれば異なるハンダを用いてもいいことは言うまでもない。また、本実施の形態では放熱部に直接導電性接着剤が形成されているが、導電性を保つ程度であれば間に絶縁層が形成されていても良い。

【0103】〔実施の形態6〕 実施の形態5のバリエーション

実施の形態5のサブマウント基体以外にも、異なる熱伝導率をもった材料を組合わせた、図13(a)、(b)に示すような形のサブマウント基体を用いても同様の効果が得られる。

【0104】例えば、図13(a)のサブマウント基体は熱伝導率のことなる立方体あるいは直方体の二種類材料をある一面で接合させたものである。この場合、図8に比べ、501bの表面積を大きくできるので、熱を効果的に発散することができる。これは、2種材料を接着剤で接着してもよいし、一方の材料の上に、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を用いて堆積してもよい。本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体501aには導電体であるCuを用い、サブマウント基体501bにはCuより熱伝導率が低い絶縁体であるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用い、正側金属パターンおよび負側金属パターン103には、Au(0.1μm)/Pt(0.1μm)/Ti(0.1μm)、導電性接着剤としてハンダ504および505には融点が156℃であるInハンダを用いた。また本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体501a、501bの大きさはそれぞれ長さ2mm×幅1mm×厚さ0.2mmとし、接着剤で接着した。

【0105】また、図13(b)のサブマウント基体は、501bが501aの裏面まで覆う場合である。この場合、図8に比べ501bの表面積を大きくできるので、熱を効果的に発散することができる。これは、熱伝導率の異なる2種材料を接着剤で接着してもよいし、一方の材料の上に、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を用いて堆積してもよい。本実施の形態で一例として、サブマウント基体501aには絶縁体であるcBNを用い、サブマウント基体501bにはcBNより熱伝導率が低い導電体であるFeを用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au(0.1μm)/Pt(0.1μm)/Ti(0.1μm)、導電性接着剤としてハンダ504および505には融点が156℃であるInハンダを用いた。また本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体501aは長さ2mm×幅1.5mm×厚さ0.2mmの上に、長さ2mm×幅0.7mm×厚さ0.1mmの凹部を持ち、501bは501a上の凹部から裏面にかけて厚さ0.1mmで覆うものとする。501a上の凹部はドライエッチングやウェットエッチング等のエッチング手段、また物理的に研削する手段等の公知技術を用いて形成し、その凹部から裏面にかけて表面を導電化処理(銀ペースト塗布等)をした後、Feメッキにより501bを形成する。

【0106】以上図13(a)、(b)のサブマウント基体においても、実施の形態5と同様に、サブマウント基体501aおよび501bが熱伝導率が異なる絶縁体同志であつてもよいし、熱伝導率の異なる材料の組合わせであれば、絶縁体と導電体の組合わせでもよいことは言うまでもない。また、501a、501bは放熱部となるので、放熱効率を高くするため、厚さが20μm以上あるのが好ましい。また、サブマウント基体に導電体を用いる場合は、金属パターンを兼ねることも可能であるし、さらにはマウント部材のレーザーチップに面した側からだけでなく、側面や裏面からもステム、パッケージ、外部リード等へ直接接続が可能となり、放熱効率のアップやシステム全体の簡略化へつながる。

【0107】上記、実施の形態5、2に示したサブマウントにおいては、図8、図13に示すように、サブマウント基体の表面がほぼ平面であるため、対面するレーザーチップの正および負の電極がほぼ平面上にある場合に容易にダイボンドできるが、もし対面するレーザーチップの正負の電極に高低差がある場合には、501aまたは501bの厚さによって任意に調整することが可能である。

【0108】〔実施の形態7〕 導電体×導電体  
本実施の形態の構成は、サブマウントの形と材料が異なる他は、実施の形態5、6と同様である。本実施の形態を図14に示す。60は本実施の形態の半導体レーザー装

置、600はサブマウント、サブマウント基体には熱伝導率のことなる二種類の導電性材料を用いた601a、601bを絶縁体601cを介して接合させたものを用いた。本実施例ではサブマウント断面図における絶縁体はL字型をしているが、断面図でコの字型、平面図ではサブマウント基体601bの周囲を絶縁体601cが覆い、絶縁体601cの周囲をサブマウント基体601bを覆うような構造になっていてもよい。

【0109】本実施の形態においては一例として、サブマウント基体601aには導電体であるAgを用い、サブマウント基体601bにはAgより熱伝導率の低い導電体であるAlを用い、絶縁体601cにはSiO<sub>2</sub>を用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au(0.1μm)/Pt(0.1μm)/Ti(0.1μm)、導電性接着剤としてハンダ504および505には融点が217℃であるSnAu(Sn90%、Au10%)ハンダを用いた。これは、サブマウント基体601aをまず、ドライエッチングやウェットエッチング等のエッチング手段、また物理的に研削する手段等の公知技術を用いて段差を形成したうえで、601c、601bを順次成膜して形成する。サブマウント基体601bおよび、正側金属パターン102、負側金属パターン103の成膜は、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を適宜用いて作成することができる。例えば、図15(a)に示すように、サブマウント基体601a上にフォトリジスト606でパターン形成した後、エッチングを行い段差を形成し、図15(b)に示すようにフォトリジスト606を除かずに、601cのSiO<sub>2</sub>をCVD法で1μm堆積し、さらに601bのAlをスパッタ法で0.5μm堆積した後にレジストおよび、レジスト上のSiO<sub>2</sub>、Alをウェットエッチングで除去した後(リフトオフ法)、図15(c)に示すように凹部に601bのAlメッキを行い、図15(d)に示すように、その上に正側金属パターン102、負側金属パターン103を形成することで、作ることができる。

【0110】本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体601aと601bを併せた全体のサイズを、長さ2mm×幅1.5mm×高さ0.2mmとし、601bのみの大きさは長さ2mm×幅0.7mm×高さ0.1mmとし、ハンダ間の距離を50μm、ハンダの厚さを1μmとした。

【0111】また、601a、601bは放熱部となるので、放熱効率を高くするため、厚さが20μm以上あるのが好ましい。601cの膜厚は、601aと601bの間の絶縁性を保てるだけの膜厚があればよく、例えばSiO<sub>2</sub>では最低0.1μm程度あれば十分である。絶縁膜の厚の大小は、絶縁膜の種類、膜質により異なるため、必要最低限の膜厚は、使用する膜により適宜変更さ

れる。

【0112】次に、実施の形態5と同様にして、本実施の形態の半導体レーザ装置を製造するためのダイボンディング工程を行った。工程の各過程におけるサブマウント積載面温度Tの変化(温度プロファイル)は実施の形態5で説明したのと同様である。以上で、本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0113】本実施の形態の半導体レーザ装置は、熱伝導率の異なるサブマウント基体を用いて、ハンダの固まる速度を正電極側と負電極側で異ならせることにより、固化の際に接合面毎にかかる力のバランスを保ちつつ、接合面にかかる力を分散させているので、従来の技術の問題点が以下のように、解消されている。

【0114】上記実施の形態5及び図11で記した、過程Bにおいて融解したハンダのうち、発光部に隣接するハンダ504のみが、11秒で固化する。このとき、ハンダ505は、まだ、融解しているので、従来の技術において問題となったような、両方のハンダが同時に固化しようとするに伴う、各接合面毎に加わる力のアンバランスが生じない。これにより、半導体レーザチップは、ハンダ504の固化に伴って、動くことなく固定される。よって、その後、ハンダ505が固化する際にチップがずれてしまうこともなく、結果として、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題が回避される。

【0115】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接合面に加わる力の、偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪みが加わることも無い。さらに、先にハンダ504側が固定された後、ハンダ505側の固定に至るまでの間に、チップに引き起こされる歪みが緩和されている。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0116】本実施の形態についても実施の形態5と同様に、半導体レーザチップにおいて、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

【0117】また、本実施の形態の半導体レーザ装置では、発光部に隣接した電極が正電極である。レーザチップの温度上昇による特性劣化を押さえるためには発光部に隣接した正電極からの放熱が良好な方がこのましい。そのため、正電極に接するハンダ504が、熱伝導率の大きい方のサブマウント基体に配置されている方が好ましい。さらに、正電極と負電極とで電気抵抗率が異なる場合はそれによっても各電極での発熱量が異なるた

め、その点も考慮するのが好ましい。

【0118】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置におけるサブマウント基体601aおよび601bを同一の材料で構成した、対照半導体レーザ装置を作製した。サブマウントの端面垂直方向から $\pm 2^\circ$ 以内にレーザビームの中心がくることをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%だったのに対し、対照半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、5mW、60℃（初期電流80mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約70%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。このように、従来の技術を用いた半導体レーザ装置と比較して、ダイボンディング工程の生産性の向上と、装置寿命特性の向上が確認された。

【0119】また、本実施の形態のサブマウントによれば、従来の技術のものと比較して、半導体レーザ装置の生産性を向上せしめ、装置寿命特性を改善させる効果を奏する。本実施例においては、サブマウント基体601aおよび601bともに導電体を用いているため、金属パターンを兼ねることも可能であるし、さらにはマウント部材のレーザチップに面した側からだけではなく、側面や裏面からもシステム、パッケージ、外部リード等へ直接接続が可能となり、放熱効率のアップやシステム全体の簡略化へつながる。また、一般的に導電体には熱伝導率の高い金属が多いため、材料選択の幅が広がり、より最適な材料を選ぶことができる。

【0120】【実施の形態8】 実施の形態7のバリエーション

実施の形態7のサブマウント基体以外にも、異なる熱伝導率をもった導電体材料を組合わせた、図16(a)、(b)に示すような形のサブマウント基体を用いても同様の効果が得られる。

【0121】まず、図16(a)のサブマウント基体は熱伝導率の異なる立方体あるいは直方体の二種類の導電体を絶縁体601cを介して一面で接合させたものである。この場合、図14に比べ、601bの表面積を大きくできるので、熱を効果的に発散することができる。これは、各材料を接着剤で接着してもよいし、一方の材料の上に、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を用いて堆積してもよい。本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体601aには導電体であるCuを用い、サブマウント基体601bにはCuより熱伝導率が低い導電体であるFeを用い、絶縁体601cにはSiO<sub>2</sub>を用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au(0.1μm)/Mo(0.1μm)、導電性接着剤としてハンダ504および505

には融点が156℃であるInハンダを用いた。また本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体601a、601bの大きさはそれぞれ長さ2mm×幅1mm×厚さ0.2mmとし、601aまたはbの一面にCVD法でSiO<sub>2</sub>膜を1μm堆積した後、接着剤で接着した。この接着剤が十分な絶縁性を持つ場合には、601cを兼ねる事も可能である。

【0122】また、図16(b)のサブマウント基体は、601bが601cを介して601aの裏面まで覆う場合である。この場合、図14に比べ601bの表面積を大きくできるので、熱を効果的に発散することができる。これは、熱伝導率の異なる各材料を接着剤で接着してもよいし、一方の材料の上に、真空蒸着法、CVD法、スパッタ法、メッキ法、熱転写法、印刷法、焼結法等の公知技術を用いて堆積してもよい。本実施の形態で一例として、サブマウント基体601aには導電体であるCuを用い、サブマウント基体601bにはCuより熱伝導率が低い導電体であるFeを用い、絶縁体601cにはSiO<sub>2</sub>を用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au(0.1μm)/Mo(0.03μm)、ハンダ504および505には融点が156℃であるInハンダを用いた。また本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体601aは長さ2mm×幅1.5mm×厚さ0.2mmの上に、長さ2mm×幅0.7mm×厚さ0.1mmの凹部を持ち、601bは601a上の凹部から裏面にかけて厚さ約0.1mmで覆うものとする。601a上の凹部はドライエッチングやウェットエッチング等のエッチング手段、また物理的に研削する手段等の公知技術を用いて形成し、その凹部から裏面にかけてCVD法でSiO<sub>2</sub>膜1μmを堆積した後、SiO<sub>2</sub>表面を導電化処理（銀ペースト塗布等）をした後、Feメッキにより601bを形成する。

【0123】また、601a、601bは放熱部となるので、放熱効率を高くするため、厚さが20μm以上あるのが好ましい。601cの膜厚は、601aと601bの間の絶縁性を保てるだけの膜厚があればよく、例えばSiO<sub>2</sub>では最低0.1μm程度あれば十分である。絶縁膜の厚さは、絶縁膜の種類、膜質により異なるため、必要最低限の膜厚は、使用する膜により適宜変更される。

【0124】本実施の形態においては、サブマウント基体に導電体を用いているので、金属パターンを兼ねることも可能であるし、さらにはマウント部材のレーザチップに面した側からだけではなく、側面や裏面からもシステム、パッケージ、外部リード等へ直接接続が可能となり、放熱効率のアップやシステム全体の簡略化へつながる。

【0125】上記、図14、図16においては、サブマウント基体の表面がほぼ平面であるため、対面するレー

ザーチップの正および負の電極がほぼ平面上にある場合に容易にダイボンディングできるが、もし対面するレーザーチップの正負の電極に高低差がある場合には、601aまたは601bの厚さによって調整することが可能である。

【0126】また、実施の形態5～8における温度プロファイルを図12で説明したが、これは、理想的な温度変化を示したものであって、実際には、過程Bで厳密に一定温度が保持される必要があるものでもなく、それぞれの過程で徐々に温度変化があるようなプロファイルであってもかまわない。

【0127】上記実施例7、8においては、サブマウントの101aと101bを熱伝導率の異なる金属で形成したが、絶縁膜101cの熱伝導率や厚さを考慮すれば、熱伝導率の同じ金属で形成した場合にも、本発明と同様の効果が得られる。

【0128】例えば、図14や図16(b)において、101aと101bに銅を用い、101cとして銅の千分の一程度の熱伝導率であるアニリン樹脂やエポキシ樹脂あるいはシリコン樹脂（いずれも熱硬化性樹脂）を厚さ100μm形成した場合、正電極101aにおける熱伝導は不電極側の101bより大きくなるため、正、負電極側での導電性接着剤の固化するタイミングがずれることとなる。この場合、金属と絶縁物の熱伝導率の比は、大きい方が固化のタイミングをずらしやすいため好ましく、10以上あるのが好ましい。同様に絶縁物の膜厚が厚い方が好ましく、10～150μmあるのが好ましい。

【0129】さらに加えて、101aと101bの大きさを、101aが101bに比べて十分大きくしてやることで、放熱効果に差を生じさせれば、より大きな効果が得られる。

【0130】本方法は前記熱伝導率の異なる金属を用いる場合にもより効果を高めるために有効である。

【0131】【実施の形態9】 導電性接着材が異方導電性樹脂、マウントに溝付きの場合

図17は、本実施の形態の半導体レーザー装置を示す断面図である。これは、実施の形態5の図8に記載の装置において、サブマウントの表面に溝が形成されている点、及び導電性接着剤が異方導電性樹脂である点が異なる。図において、70は、本実施の形態の半導体レーザー装置、700はサブマウント、703は実施の形態5のサブマウントの積載面上の金属パターン間に設けられた溝、702は異方導電性樹脂であり、その他実施の形態5と同様の部分については図8と同一の符号で示した。

【0132】本実施の形態においては、実施の形態5と同様にサブマウント基体701aには絶縁体であるAlNを用い、サブマウント基体701bにはAlNより熱伝導率が低い絶縁体であるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用い、正側金属パターン102および負側金属パターン103には、Au

(0.1μm)/Pt(0.1μm)/Ti(0.1μm)(Au オン Pt オン Ti、以下同様)、異方導電性接着剤として702には異方導電性樹脂を用いた。本実施の形態においては、一例として、サブマウント基体701aと701b全体のサイズを、長さ2mm×幅1.5mm×高さ0.2mmとし、701bのみの大きさは長さ2mm×幅0.7mm×高さ0.1mmとし、異方導電性樹脂の厚さを1μmとした。また、溝のサイズは、深さ0.1mm、幅0.1mmとした。

10 【0133】ここで、導電性樹脂を異方性とするために、本実施の形態においては、熱硬化性エポキシ樹脂の中に、Ag粒子を数ないし数10wt%配合したものをを用いた。これにより、異方導電性樹脂は、荷重を加えずに硬化した場合、金属粉が分散するので、絶縁性となり所定の荷重を加えて硬化した場合、金属粉同士が接触するので、導電性となる。樹脂の硬化温度は180℃程度とした。

20 【0134】本実施の形態についても実施の形態5と同様に、半導体レーザーチップにおいて、正電極が発光部に隣接する側の電極となり、負電極がその反対側の電極に相当する。また、サブマウントにおいては、正側金属パターンが、正電極に対向する導電膜パターンとなり、負側金属パターンが負電極に対向する導電膜パターンに相当する。

30 【0135】また、本実施の形態の半導体レーザー装置では、発光部に隣接した電極が正電極である。レーザーチップの温度上昇による特性劣化を押さえるためには発光部に隣接した正電極からの放熱が良好な方が好ましい。そのため、正電極が、熱伝導率の大きい方のサブマウント基体に対応して配置されている方が好ましい。さらに、正電極と負電極とで電気抵抗率が異なる場合はそれによっても各電極での発熱量が異なるため、その点も考慮するのが好ましい。

【0136】次に、本実施の形態の半導体レーザー装置を製造するためのダイボンディング工程を行った。工程の各過程におけるサブマウント積載面温度Tの変化（温度プロファイル）を図18に示す。ここで、Tは異方導電性樹脂の温度に一致している。

40 【0137】あらかじめ、図9に示されたのと同様ではあるが、上記溝が設けられたサブマウントを準備する。まず、サブマウント電極上に上記異方導電性樹脂を配置する。ただし、この段階で、樹脂は未硬化である。次に図2に示した半導体レーザーチップを、適切にアライメントし、レーザーチップ電極形成面とサブマウント積載面とが突き合わされるように、サブマウント上に積載し、樹脂が広がった。このとき、樹脂の粘度等によっては、正電極側と負電極側とが接触しない場合もあるが、本実施の形態では図17に示されるように、正電極側および負電極側の樹脂が接触し、溝内に入り込んだ例で説明する。



【0138】（過程A）レーザチップに30gの荷重を加えつつ、サブマウントの温度を上昇させた。まず、実線で示すように、熱伝導率が高いサブマウント基体701a上の異方導電性樹脂が1秒で硬化温度 $T_s=180^{\circ}\text{C}$ に達し、硬化する。

（過程B）荷重を加えるのをやめ、加熱を続ける。次に熱伝導率が低いサブマウント基体701b上の異方導電性樹脂が12秒で硬化温度 $T_s$ に達し、硬化する。この後硬化温度より若干高い温度 $T_p=200^{\circ}\text{C}$ で30秒保持し、硬化反応を完全に進行させた。

（過程C）室温に近い適当な温度まで冷却されたところで、ダイボンディング工程を、終了した。

以上により、本実施の形態の半導体レーザ装置が完成した。

【0139】本実施の形態の半導体レーザ装置は、ハンダに替えて、異方導電性樹脂を用いたので、従来の技術の問題点が実施の形態5の場合と同様、以下の如く解消されている。

【0140】上記過程において熱伝導率の低い材料のサブマウント基体701bに接する側の異方導電性樹脂が固化する際には、既に、熱伝導率の高い材料のサブマウント基体701aに接する側の異方導電性樹脂が硬化しており、よって、半導体レーザチップは、第1の導電性樹脂の固化に伴って動くことがない。つまり、ハンダ冷却の途中でレーザチップが動き、アライメントずれが発生してしまう従来の技術第1の問題が回避される。

【0141】また、従来の技術において、両ハンダが同時に固化する際の、予測できないそれぞれの接着面に加わる力の偶然の集中によって、ブリッジ状にサブマウントに固定される半導体レーザチップに大きな熱歪み加わることも無い。結果として、半導体レーザチップに大きな応力・熱歪みが発生してしまう従来の技術における第2の問題点が回避される。

【0142】さらに、半導体レーザチップの正負電極がほぼ同一面上にある場合に限らず、発光層に隣接する側と逆側の電極（負電極）が窪んだ面上に設けられていても良い。特に、本実施の形態では、電極の接続に、導電性樹脂を用いたので、正電極側と負電極側で、異なる硬度の導電性樹脂を用いれば、窪みが大きくても、確実に電氣的導通を確保することができるようになる。

【0143】また、特に、本実施の形態の半導体発光素子においては、異方導電性樹脂を用い、サブマウント金属膜パターン間に溝を設けたので、樹脂の溝上の領域には荷重が加わらず絶縁性であり、金属パターン上の領域には荷重が加わり導電性となる。よって、負電極と負側金属パターン間には、電氣的な導通が確保されるが、図17に示される如く、たとえ樹脂が正電極等と接触したとしても、ショートすることがない。よって、ダイボンディング工程における、ショート発生による生産性の低下を防止することができる。

【0144】比較のために、本実施の形態の半導体レーザ装置におけるサブマウント基体701aおよび701bを同一の材料で構成した、対照半導体レーザ装置を作製した。サブマウントの端面垂直方向から $\pm 2^{\circ}$ 以内にレーザビーム中心がくることをダイボンディング工程の位置ずれに関する良品条件と規定したとき、本実施の形態の半導体レーザ装置においては、良品の得られる率が98%だったのに対し、対照半導体レーザ装置においては、75%であった。また、それぞれの半導体レーザ装置に、5mW、 $50^{\circ}\text{C}$ （初期電流50mA程度）の条件での通電試験を1000時間行ったところ、前者では、駆動電流の上昇がほとんど見られなかったのに対し、後者では、約30%の装置で駆動電流値の20%以上の上昇が観察された。このように、従来の技術を用いた半導体レーザ装置と比較して、ダイボンディング工程の生産性の向上と、装置寿命特性の向上が確認された。

【0145】本実施の形態においては、実施の形態5に示した、図8及び9の構造のマウント部材を用いて説明したが、これを、実施の形態6～8で示した図13、14、16の様な、他のマウント部材と置き換えても同様の効果が得られる。

【0146】以上、実施の形態5ないし9によって、本発明の構成を特定の例を挙げて説明したが、本発明の適用範囲はこれに限られるものではなく、当然ながら、各構成要素をそれぞれ用途を同じくする材料に置換し得るし、他の技術を組み合わせて用いることもできる。

【0147】絶縁性サブマウント基体は、上述の材料以外にも、ダイヤモンド、Si、SiC、BeO等の他の絶縁材料や、さらには、ダイヤモンド/Si、SiO<sub>2</sub>/Siに代表されるように、それら各絶縁材料の積層構造からなる、他の絶縁性サブマウント基体に置き換えることができる。導電性サブマウント基体としては、上述の材料以外にも、Si、Ge、SiC、CuW、Mo等の材料や、それら各物質の積層構造を用いることができる、上述の半導体レーザチップは、図2に示した特定の例に限られるものではなく、基板としてGaN、SiC、Si、SiO<sub>2</sub>/サファイア等の他の材料を用いる等の変更が可能であり、また、半導体成長層の材料系として、例えば、InGaAsP系、InGaAlP系、AlGaN系、CdZnSe系等の他のものを用いることも可能である。また、半導体レーザチップを、LED、スーパーluminescenceダイオード等の他の発光素子チップにも置換し得る。

【0148】また、上記実施の形態5ないし9のサブマウントにおいて、各導電性接着剤および各金属パターンの形状を、図9に特定の例で示したが、本発明はこれに限られるものではなく、適宜変更され得るものである。例えば、必ずしも、金属パターンがサブマウントのほぼ全面を覆うように設けられる必要はない。また、サブマウント積層面上に、さらに、ワイヤボンディング用のパ

ット部を設けることや、ダイボンディング時の位置合わせのための印を設けることは、当業者には、容易に想定し得る事項である。あるいは、いわゆるマルチビームレーザのように、3以上の電極を有する半導体レーザチップを積載した半導体レーザ装置にも、上記原理に基づいて、本発明を応用することは、当業者にとって容易に想定し得る。

【0149】さらに、ハンダ層とサブマウント基体との間には、公知のごとく、種々の膜を介在させることが可能であり、例えば、サブマウントとハンダ間の密着性を向上させるための膜、サブマウントとハンダ間の反応を防止するための膜、さらには、これらの膜の間の密着性を高めたり、酸化を防止するための膜が適宜積層形成させてもよい。上記実施の形態に示した金属パターンに置換し得るものとして、Au/Pt/Ti、Pt/Cr、Au/Mo、Au/Pt/Cr、Au/Mo/Ti等も用いることが可能である。導電性接着層、絶縁膜、ボンディングパッド、サブマウント基体相互の間にも、同様の目的で、種々の膜を介在させることが想定される。

【0150】またさらに、図8、9、13、14、16に示されたサブマウントの構成によれば、ハンダ504とハンダ505との間のスペースには、特別の構造は設けられていないが、ここに、ダイボンディング工程時のショートを防止したり、アライメントずれを防止するために、溝・梨地面・樹脂突起・絶縁体突起等の構造物を設けても良い。

【0151】上述の実施の形態5ないし9においては、半導体レーザ素子用サブマウントについて説明したが、本発明の適用は、これに限られるものでなく、発光素子チップのマウント部材全般に適用できる。すなわち、任意のマウント部材において、発光素子チップのダイボンディングされる部分が、上述の各実施の形態と同様の構成であれば、他の発光素子チップ用マウント部材においても上述同様の効果を奏することは、明白である。したがって、発光素子チップを、サブマウントを用いず直接システム、フレーム、もしくはパッケージに積載する場合においては、このシステム、フレームもしくはパッケージに、上記本発明の構成を適用することができる。

#### 【0152】

【発明の効果】本発明によれば、上記構成により、ダイボンディング工程時におけるアライメントずれが防止され、また、ダイボンディング工程により引き起こされる半導体発光素子チップ内部の応力・熱歪みを削減できる。これにより、半導体発光装置のダイボンディング工程歩留まりが改善され、また、寿命特性も向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置を示す、模式断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1の半導体レーザチップを示す、模式断面図である。

【図3】本発明の実施の形態1のサブマウントを示す、模式図である。

【図4】本発明の実施の形態1のダイボンディング工程における温度プロファイルを示すグラフである。

【図5】本発明の実施の形態2のダイボンディング工程における温度プロファイルを示すグラフである。

【図6】本発明の実施の形態3の半導体レーザ装置を示す、模式断面図である。

【図7】本発明の実施の形態4の半導体レーザ装置を示す、模式断面図である。

【図8】本発明の実施の形態5の半導体レーザ装置（本発明のサブマウントを含む）を示す、模式断面図である。

【図9】本発明の実施の形態5のサブマウントを示す、模式図である。

【図10】本発明の実施の形態5のサブマウントの製造方法を示すフローチャート図である。

【図11】本発明の実施の形態5のサブマウントの製造方法を示すフローチャート図である。

【図12】本発明の実施の形態のダイボンディング工程における温度プロファイルを示すグラフである。

【図13】本発明の実施の形態6の半導体レーザ装置（本発明のサブマウントを含む）を示す、模式図である。

【図14】本発明の実施の形態7の半導体レーザ装置（本発明のサブマウントを含む）を示す、模式断面図である。

【図15】本発明の実施の形態7のサブマウントの製造方法を示すフローチャート図である。

【図16】本発明の実施の形態8の半導体レーザ装置（本発明のサブマウントを含む）を示す、模式断面図である。

【図17】本発明の実施の形態9の半導体レーザ装置（本発明のサブマウントを含む）を示す、模式断面図である。

【図18】本発明の実施の形態9のダイボンディング工程における温度プロファイルを示すグラフである。

【図19】従来の技術の半導体レーザ装置を示す模式断面図である。

#### 【符号の説明】

10、30、40、50、60、70 半導体レーザ装置

100、300、400、500、600、700 サブマウント

101、501a、501b、601a、601b、701 サブマウント基体

102 正側金属パターン

103 負側金属パターン

104 第1のハンダ

50 105 第2のハンダ

( 18 )

特開平 11-220218

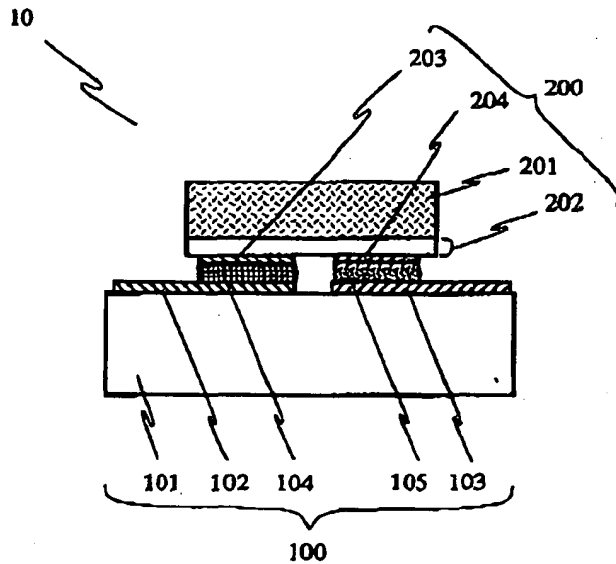
34

33

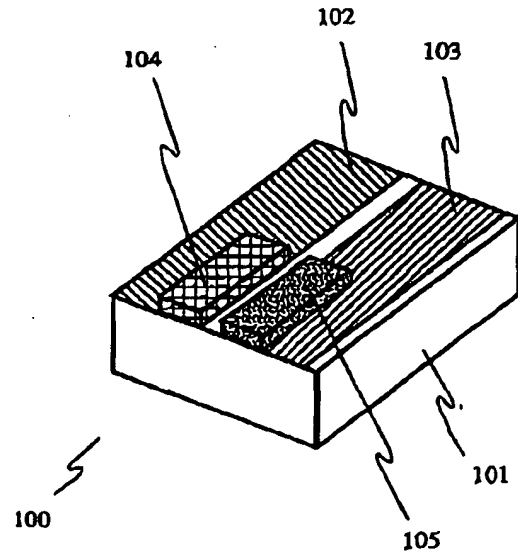
- |     |               |
|-----|---------------|
| 200 | GaN系半導体レーザチップ |
| 201 | サファイア基板       |
| 202 | 半導体成長層        |
| 203 | 正電極           |
| 204 | 負電極           |
| 301 | 導電性樹脂         |
| 401 | 溝             |

- 402 異方導電性樹脂  
504、505 ハンダ  
601c 絶縁体  
606 フォトリジスト  
702 異方導電性樹脂  
703 溝

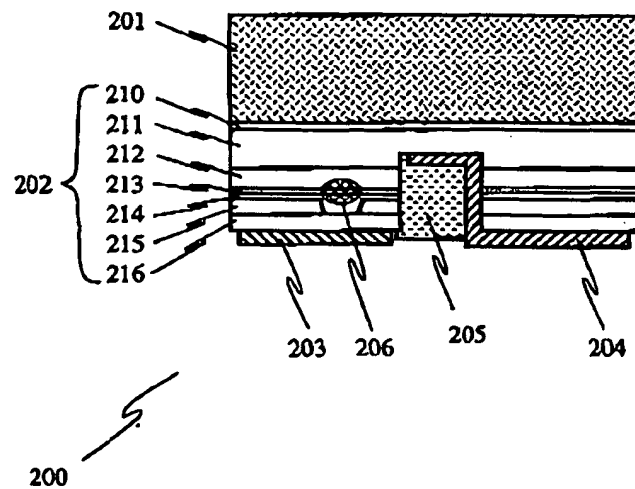
【图 1】



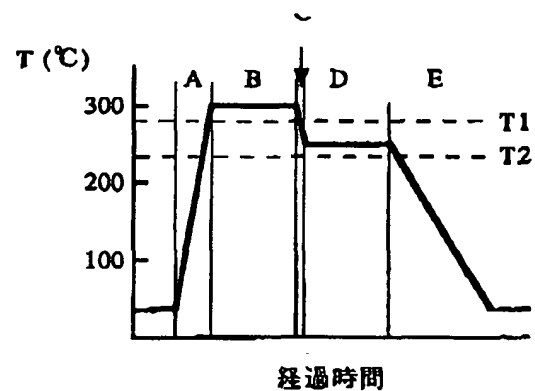
【图3】



【凶2】



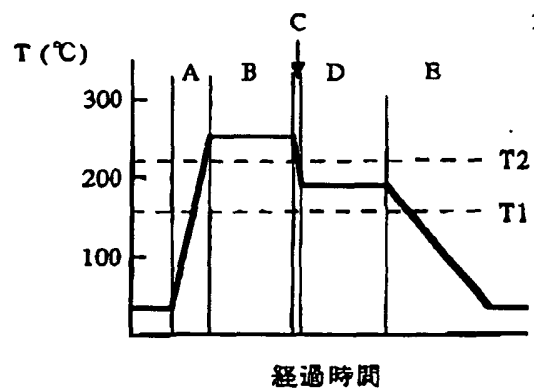
【图4】



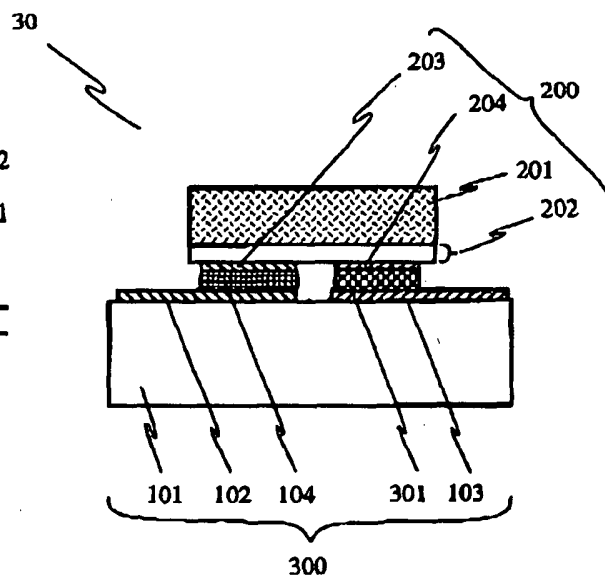
(19)

特開平 11-220218

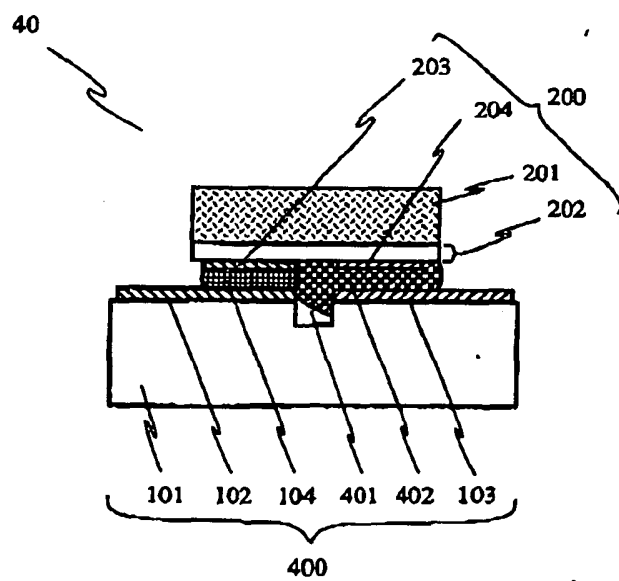
【図5】



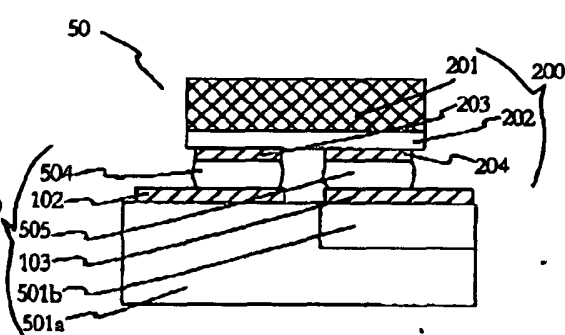
【図6】



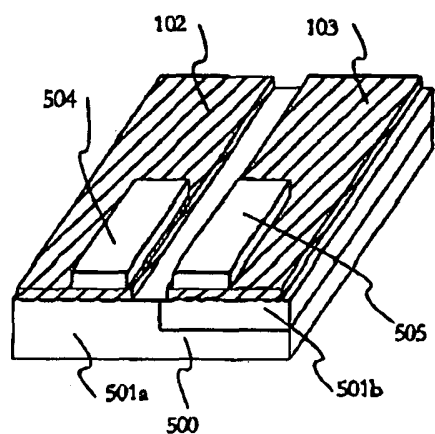
【図7】



【図8】



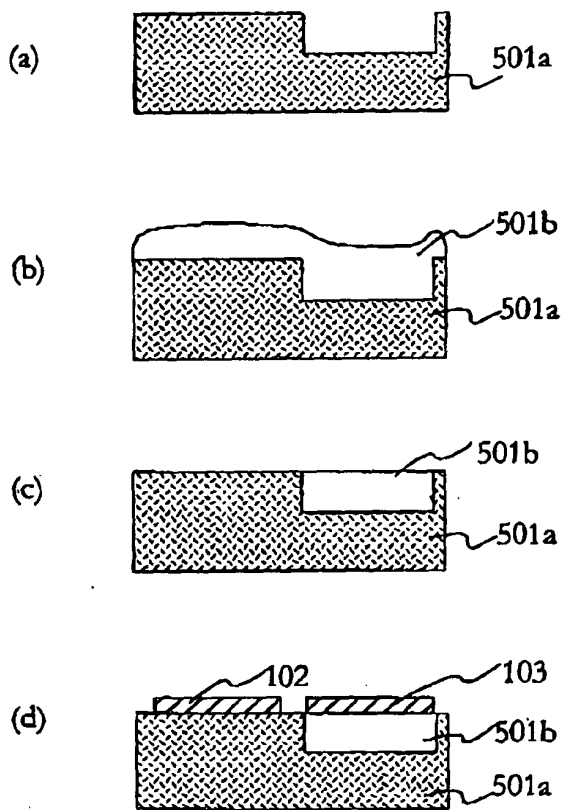
【図9】



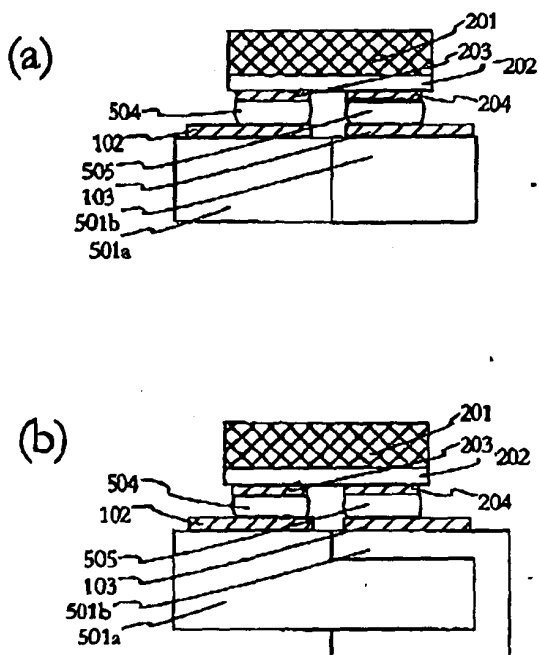
(20)

特開平11-220218

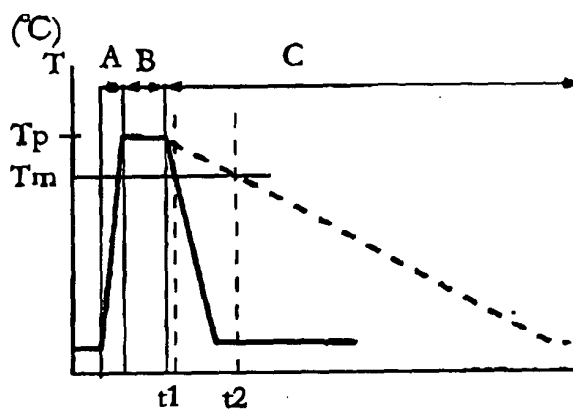
【図10】



【図13】

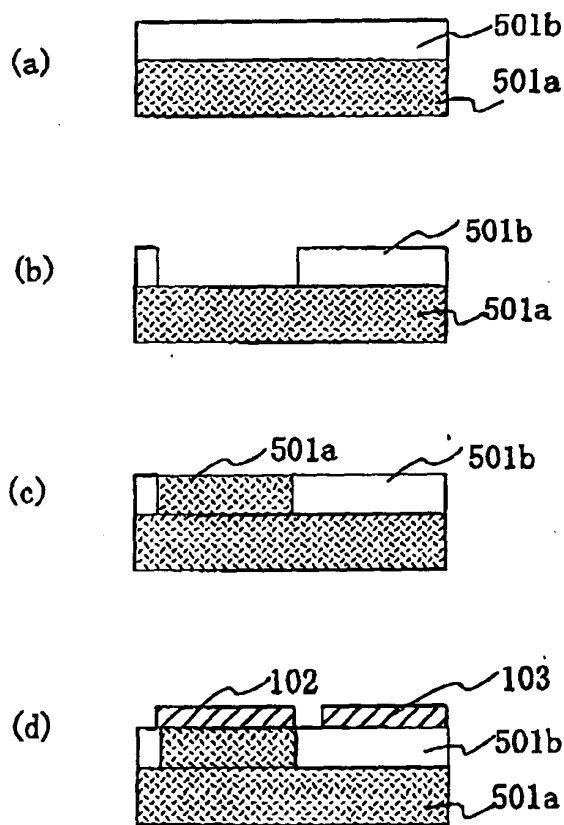


【図11】



経過時間

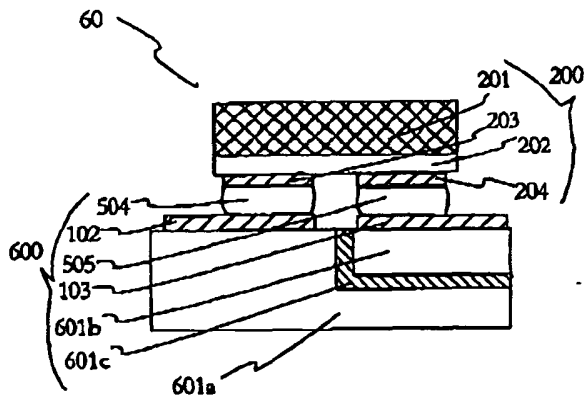
【図12】



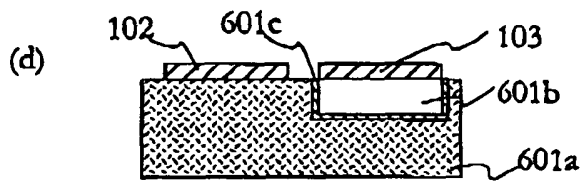
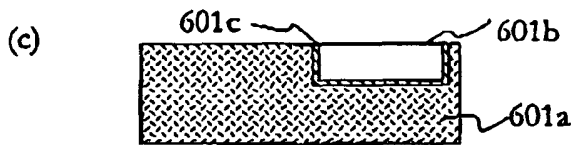
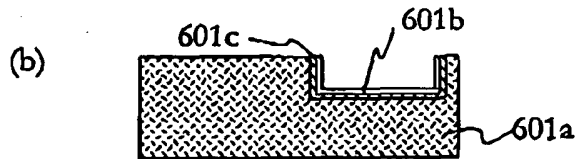
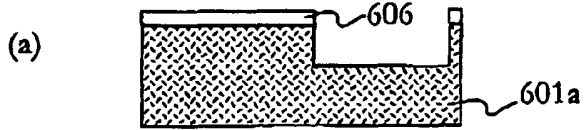
(21)

特開平11-220218

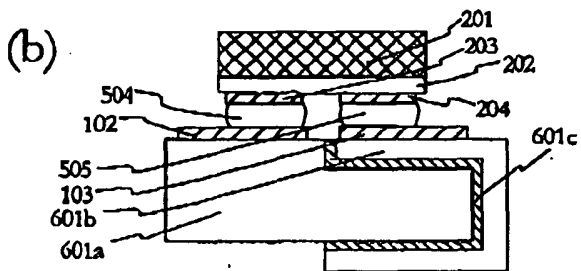
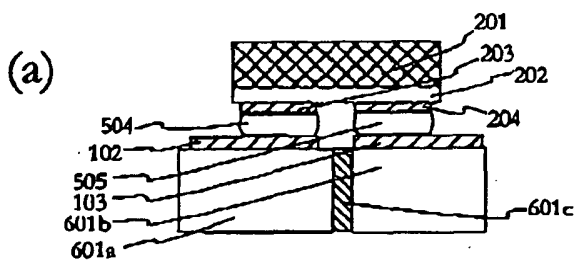
【図14】



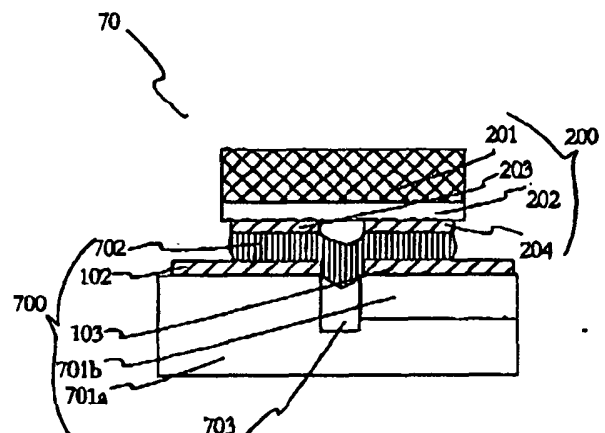
【図15】



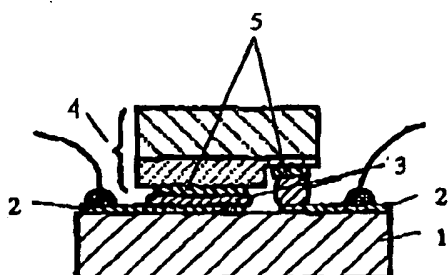
【図16】



【図17】



【図19】



(22)

特開平11-220218

【図18】

